

УДК 691.327.3:624.014.2

О.В.СЕМКО, д-р техн. наук, Ю.О.АВРАМЕНКО, Д.О.АВРАМЕНКО  
*Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка*

### **ДО ПИТАННЯ РОЗРОБКИ НАДЛЕГКИХ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Розглянуто особливості проектування та виготовлення надлегких сталезалізобетонних конструкцій. Наведено результати експериментально-теоретичних досліджень поєднання легкого бетону з легкими сталевими тонкостінними конструкціями.

Рассмотрены особенности проектирования и изготовления сверхлегких сталежелезобетонных конструкций. Представлены результаты экспериментально-теоретических исследований сочетания легкого бетона с легкими стальными тонкостенными конструкциями.

The article describes features of designing and manufacturing of ultralight composite steel and concrete structures. The results are presented of experimental and theoretical investigations of the combination of lightweight concrete with lightweight steel thin-walled structures.

*Ключові слова:* легкий бетон, легкі сталеві тонкостінні конструкції, сталезалізобетонні конструкції.

У сучасних економічних умовах збільшується потреба у швидко-монтованих будівлях відносно невисокої вартості. При цьому велике значення має зменшення матеріалоемності, трудомісткості виготовлення і монтажу не тільки несучих, але й огорожувальних конструкцій. Разом з тим обмеженість сировинної бази та енергетичних ресурсів диктують вимогу зменшення витрат. Найсуттєвіша економія металу, цементу та інших матеріалів досягається шляхом раціонального сполучення бетону й сталі для їх сумісної роботи. Ці фактори разом із прагненням замовника мати індивідуальні, пристосовані під конкретні завдання проекти ведуть до поширеного застосування комплексних конструкцій, але таке поєднання не завжди поліпшує теплотехнічні й акустичні показники, підвищує швидкість будівництва, а також передає значне навантаження на фундамент.

Тому одним із шляхів підвищення ефективності будівель і споруд є впровадження прогресивних технологій, що дозволяють розширити номенклатуру сталезалізобетонних конструкцій [5].

Характерною особливістю розвитку матеріально-технічної бази цивільного, житлового та частково промислового будівництва є значне розширення застосування нових типів легких конструкцій з ефективними утеплювачами. Масове впровадження цих конструкцій набуває важ-

ливого народногосподарського значення й може надати країні відчутний економічний ефект. Вітчизняний і зарубіжний досвід будівництва переконливо свідчить про доцільність застосування легких несучих та огорожувальних конструкцій замість традиційних конструктивних рішень [3, 7].

Сьогодні застосування легких конструкцій має ряд істотних недоліків, які перешкоджають їх широкому використанню: мала вогнестійкість, недосконала технологія виготовлення і, як наслідок цього, підвищена вартість. Тому розроблення та застосування, проблема вдосконалення технології виготовлення економічно виправданих і технічно ефективних надлегких сталезалізобетонних конструкцій, зниження вартості та підвищення їх якості є актуальною і важливою науково-технічною проблемою, розв'язання якої зробить значний внесок у розвиток економіки країни, зокрема її будівельної галузі [8].

Метою даної статті є обґрунтування критеріїв ефективності матеріалів для раціональних несучих та огорожувальних конструкцій і розроблення на основі розвитку наукових уявлень про формування структури та взаємозв'язку властивостей основ технології ефективних конструкційно-теплоізоляційних легких бетонів на пористих заповнювачах, поєднання необхідних для практичного застосування основних показників призначення бетонів – конструкційних і теплофізичних.

У процесі проектування і будівництва актуальним є питання зменшення маси окремих конструкцій і всієї будівлі в цілому. Зниження матеріаломісткості будівлі дозволяє зменшити навантаження на несучі конструкції і як наслідок – знизити витрати на будівництво. Тому огорожувальним конструкціям зараз приділяється особлива увага. Вони, як правило, поліфункціональні, у зв'язку з цим виникають протиріччя при виборі матеріалів для виготовлення таких конструкцій, оскільки універсального матеріалу немає. І хоча існує думка про ефективність застосування одношарових конструкцій, урахуовуючи вищесказане, слід зробити висновок про доцільність використання залежно від умов комплексних конструкцій із поділом функціональних «обов'язків» кожного компонента і застосуванням для нього найбільш ефективного матеріалу. В будь-якому випадку легкий бетон буде складовим елементом такої конструкції.

Технологія виготовлення легких бетонів на штучних пористих заповнювачах вимагає до себе особливої уваги через свою специфіку: пористість, підвищена вологоємність, різні термічні розширення компонентів суміші, значна кількість залученого повітря і т.д. Домінуюче місце серед легких бетонів мають ті, які випускаються на основі керамзитового гравію. Можливість отримання теплоізоляційних і конструктивних

бетонів на основі керамзитобетону сприяє виготовленню, виходячи з принципу комплексності всіх конструкцій будівлі (тобто несучі та огорожувальні), а також організації технології виробництва для монолітного домобудівництва. Однак, незважаючи на велику кількість розробок у цьому напрямі, реальні досягнення у виробництві керамзитобетону щільністю 500...1000 кг/м<sup>3</sup> протягом багатьох років виглядають досить скромно [2].

Також перспективним для виробництва легких бетонів вважається спучений перліт. Але деякі технологічні проблеми, зумовлені високою потребою у воді цього заповнювача, і головне – стан сировинної та виробничої бази спученого перліту не дозволяють прогнозувати широке його застосування як заповнювачів для бетонів протягом найближчих років [1].

Таким чином, не знімаючи питання про актуальність досліджень у галузі вдосконалення технології та збільшення обсягів виробництва традиційних пористих заповнювачів і бетонів із середньою щільністю 500...1000 кг/м<sup>3</sup> на їх основі, необхідно вести пошук альтернативних матеріалів та технологій. У зв'язку з цим увагу дослідників давно акцентовано на можливості розширення сировинної бази й виробництва нових пористих заповнювачів, зокрема полістиролу.

За своїми властивостями полістиролбетон належить до легких бетонів, проте має ряд істотних відмінностей. До його переваг відносять можливість варіювання в широких межах його щільності, внаслідок чого полістиролбетон може бути як теплоізоляційним, так і конструкційним матеріалом, що підтверджено попередніми дослідженнями [4]. В останні роки він усе ширше й успішніше застосовується для створення огорожувальних конструкцій каркасних будинків різної поверховості, утеплення фасадів, теплоізоляції покрівель та перекриттів і т.д. На думку ряду фахівців [6], на сьогоднішній день це практично безальтернативний матеріал, який чітко вписується в ідеологію теплоенергоресурсозбереження.

На сьогодні технічна доцільність, економічна ефективність і перспективність застосування легких бетонів у різних галузях будівництва не викликає сумніву. Про це свідчать дані досліджень вітчизняних і зарубіжних учених, світовий досвід будівництва та його зростаючий обсяг. Тому не випадково, що в останні роки помічається тенденція до витіснення з деяких традиційних сфер важкого бетону легким, особливо це стосується огорожувальних конструкцій. Характеризуючись загалом широким комплексом унікальних будівельно-технічних властивостей, легкі бетони на пористих заповнювачах, як і взагалі бетони, не позбавлені деяких істотних недоліків, що різко знижують ефективність їх

практичного використання в будівельних конструкціях. У зв'язку з цим виникла необхідність удосконалення конструкцій із легких бетонів.

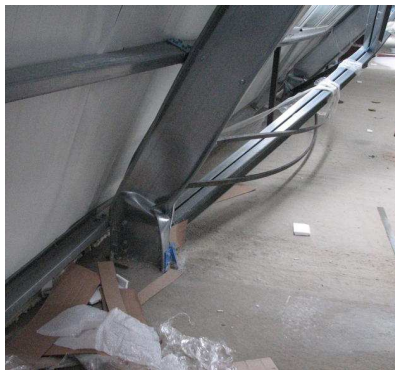
Також на сьогодні в Україні збільшується кількість європейських і вітчизняних виробників холодногнутих та холоднокатаних сталевих конструкцій, що мають ряд переваг порівняно з традиційними сталевими конструкціями з прокатних профілів, тому їх упровадження у практику малоповерхового будівництва є актуальним і економічно обґрунтованим. Серед найбільш використовуваних типів перерізів можна виділити С-подібний (застосовується здебільшого у несучих конструкціях перекриттів та стін), Z-подібний, омега-подібний (використовуються переважно як прогони покриттів) [3].

Але застосування цих профілів у несучих конструкціях має ряд особливостей, пов'язаних з тонкостінністю і формою перерізу:

- можливість втрати місцевої стійкості полиць і стінок профілів при поздовжньому стисненні (рис.1, а);
- згинальні й стислі профілі несиметричного перерізу працюють із крученням (рис.1, б);
- суцільні профілі мають значну теплопровідність і можуть бути «містками холоду» в огорожувальних конструкціях.



а



б

Рис.1 – Аварії споруд із ЛСТК:

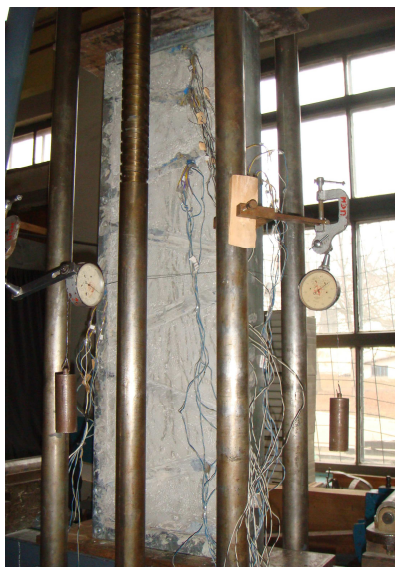
а – втрата місцевої стійкості тонкостінної колони;

б – втрата місцевої стійкості конструкції перекриття.

Саме ці фактори спонукають до пошуку нових сполучень сталі та бетону для досягнення більш високих техніко-економічних показників будівель і споруд за рахунок використання переваг кожного з компонентів комплексних конструкцій при одночасному усуненні їх недоліків,

поєднання практично безальтернативних конструктивних матеріалів, що чітко вписуються в ідеологію теплоенергоресурсозбереження та дають змогу виключити з конструкції зовнішньої стіни такі недовговічні й не-технологічні матеріали, як пінопласт та різні мінераловатні утеплювачі, що набули широкого застосування сьогодні, зберігаючи або підвищуючи при цьому міцнісні характеристики конструкції.

Для експериментальних досліджень ми запроектували та виготовили надлегкі сталезалізобетонні конструкції, питома вага яких не перевищує  $1000 \text{ кг/м}^3$  (рис.2), зовнішня арматура у вигляді сталевих профілів виключає необхідність багаторядного розміщення стрижнів по висоті перерізу, як це часто має місце у звичайних залізобетонних елементах, а також дозволяє економічно використовувати сталь і значно спростувати укладання та ущільнення бетонної суміші при виготовленні конструкції.



*a*



*б*

Рис.2 – Випробування зразків:  
*a* – ЛСТК; *б* – надлегкі СЗБК.

У процесі експериментальних досліджень напружено-деформованого стану дослідних зразків вимірювалися поздовжні, поперечні деформації та прогини, зазначалися характерні особливості розподілу деформацій у перерізах елементів та повного руйнування зразків (рис.3).

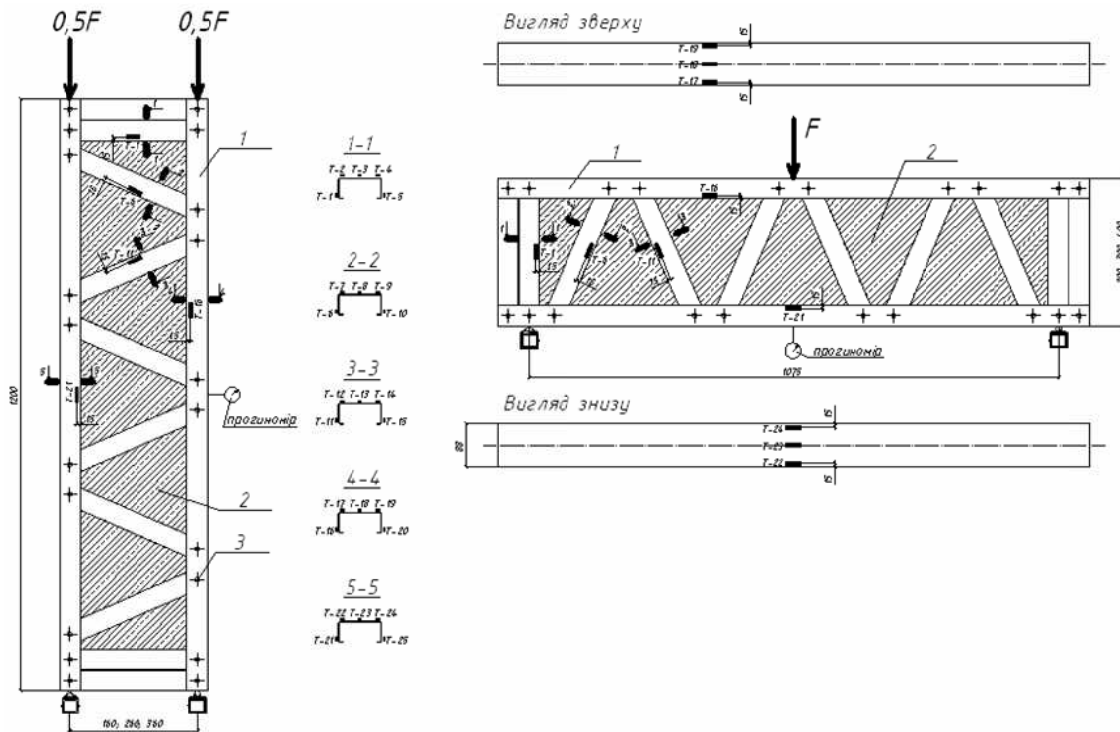


Рис.3 – Конструкція, геометричні розміри та схема прикладення навантаження до дослідних зразків надлегких сталезалізобетонних конструкцій

Слід відмітити, що незаповнена бетоном легка сталева тонкостінна конструкція (рис.2, *а*) має менші залишкові деформації, ніж аналогічна надлегка сталезалізобетонна (рис.2, *б*). Це свідчить про те, що, на відміну від сталезалізобетону, сталева конструкція не працює у пластичі, а її руйнування відбувається внаслідок втрати місцевої стійкості.

Поєднання легкої сталевих тонкостінної конструкції та легкого бетону дозволило поліпшити теплотехнічні й акустичні показники, підвищити швидкість будівництва, значно знизити навантаження на фундамент, а також отримати значний додатковий ефект від сумісної роботи (табл.1, 2).

Таблиця 1 – Додатковий ефект від сумісної роботи для сталезалізобетонних колон

Розмір зразків, мм	Несуча здатність, кН				Ефект, %
	ЛСТК	бетон	сума	СЗБК	
200	30	78,66	108,66	113	4
300	33	117,99	150,99	205	26
400	36	157,32	193,32	250	23

Таблиця 2 – Додатковий ефект від сумісної роботи для сталезалізобетонних балок

Розмір зразків, мм	Несуча здатність, кН			Ефект, %
	ЛСТК	ЗБК (розрахункове значення)	СЗБК (експериментальне значення)	
200	7	25,67	32	20
300	11	50,57	62,5	19
400	13	75,42	80	6

Запропоновані нами надлегкі сталезалізобетонні конструкції дозволяють сприймати значні навантаження, збільшуючи несучу здатність стиснуто-зігнутих елементів, дають можливість ефективніше використовувати фізико-механічні властивості матеріалів та економити цемент і сталь. Поєднання легкої сталевих тонкостінної конструкції та легкого бетону дають змогу поліпшити теплотехнічні й акустичні показники, підвищити швидкість будівництва, а також значно зменшити навантаження на фундамент та розв'язати питання зведення будівель у сейсмічних районах.

- 1.Алексеева Л.В. Перспективы производства и применения вспученного перлита как заполнителя для легких бетонов / Л.В.Алексеева // Строительные материалы. – 2006. – №6. – С.74-77.
- 2.Комиссаренко Б.С. Керамзитобетон – эффективный материал для ограждающих конструкций с учетом современных требований по теплозащите / Б.С. Комиссаренко, А.Г. Чикноровьян // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 1999. – № 5. – С.43-48.
- 3.Рекомендации по проектированию, изготовлению и монтажу конструкций каркаса малоэтажных зданий и мансард из холодногнутох стальных оцинкованных профилей производства ООО «Балт-Профиль». – М.: ЦНИИПСК, 2006. – 69 с.
- 4.Семко О.В. Легкий бетон для заполнения порожнин стальных тонкостенных конструкций / О.В. Семко, Д.М. Лазарев, Ю.О. Авраменко // 36. наук. пр. ДП НДІБК. Вип.74. – К., 2011. – С.659-666.
- 5.Стороженко Л.И. Сталежелезобетонные конструкции / Л.И. Стороженко, А.В. Семко, В.И. Ефименко. – К.: Четверта хвиля, 1997. – 158 с.
- 6.Филиппов В.П. Рекомендации по применению полистиролбетона в строительстве / В.П. Филиппов, В.А. Беляков. – Екатеринбург: ОАО «УралНИИАС», 2002. – 23 с.
- 7.Clarke, J.L. Structural Lightweight Aggregate Concrete / J.L. Clarke – Taylor & Francis E-Library, 2005. – 128 p.
- 8.Vogdt F. Conceptual and structural design of building made of lightweight and infra-lightweight concrete / F. Vogdt, M. Schlaich, B. Hillemeir. – Berlin, 2010. – 105 p.

*Отримано 26.04.2012*

УДК 624.012.45 : 692.5

Б.Г.ДЕМЧИНА, д-р техн. наук, О.Я.ЛИТВИНЯК  
*Національний університет «Львівська політехніка»*

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗБІРНО-МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПІНОБЕТОНУ ПРИ МОНТАЖІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Наведено результати експериментальних досліджень опалубкових залізобетонних плит на монтажні навантаження та результати експериментальних досліджень збірно-монолітних залізобетонних плит перекриття з використанням пінобетону при їхній роботі на згин.

Приведены результаты экспериментальных исследований опалубочных железобетонных плит на монтажные нагрузки и результаты экспериментальных исследований сборно-монолитных железобетонных плит перекрытия с использованием пенобетона при их работе на изгиб.

The results of experimental researches of centering reinforced-concrete flags of mounting loading and results of experimental researches of assembly-monolithic reinforced-concrete flags of ceiling with the use of foam beton during their work on a crook.

*Ключові слова:* опалубкові залізобетонні плити, збірно-монолітні залізобетонні плити перекриття, пінобетон, монтажні навантаження, робота плити на згин.

Сучасний розвиток будівництва базується на зменшенні собівартості будівництва та покращенні енергоощадності будівель. Це є можливим при сумісному застосуванні залізобетону та неавтоклавного